

2. Life cycle assessment of grocery, perishable and general merchandise multi-facility distribution center networks / J. Burek, D. Nutter // Energy and Buildings. 2018. №174. P. 388–401.
3. Research on the life-cycle CO<sub>2</sub> emission of China's construction sector / Z. Zhang, B. Wang // Energy and Buildings. 2016. №112. P. 244–255.
4. Effect of shrinkage reducing admixture on creep of recycled aggregate concrete / Z.-h. He, H.-b. Hu, I. Casanova, C.-f. Liang, S.-g. Du // Construction and Building Materials. 2020. №254. A. 119312.
5. Utilization of CO<sub>2</sub> curing to enhance the properties of recycled aggregate and prepared concrete: A review / C. Liang, B. Pan, Z. Ma, Z. He, Z. Duan // Cement and Concrete Composites. 2020. №105. A. 103446.
6. A review of mineral carbonation technologies to sequester CO<sub>2</sub> / A. Sanna, M. Uibu, G. Caramanna, R. Kuusik // Chemical Society Reviews. 2014. № 43. P. 8049–8080.

УДК 669.046.44

**А. И. Хакимов, Г. В. Воронов, А. Н. Алексеев**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ 32-Х КАМЕРНОЙ ПЕЧИ ОБЖИГА УГЛЕГРАФИТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Аннотация.** Печь предназначена для получения углеграфитовой продукции (УПГ) путем обжига заготовок, при котором содержащийся в заготовках связующий материал превращается в кокс, прочно соединяющий частицы сухой шихты. Благодаря этому обожженные заготовки приобретают механическую прочность и электропроводность. В представленной работе произведен анализ работы существующей печи [1].

Ключевые слова: печь обжига, углеграфитовая продукция, инжекционные горелка, электропроводность, дымовые газы.

**Abstract.** The furnace is designed to produce carbon-graphite products by firing work pieces, in which the binder contained in the work pieces turns into coke, which firmly binds the dry charge particles. Due to this, the fired work pieces acquire mechanical strength and electrical conductivity. The presented work analyzes the operation of the existing furnace.

**Key words:** roasting furnace, carbon-graphite products, injection burners, electrical conductivity, flue gases.

Обжиг заготовок происходит при температуре 900 ...1100 °С без доступа кислорода воздуха и при условии, при котором обеспечивается отсутствие деформации заготовок и изделий. Для этого обжиг заготовок производится в печи, заполненной специальной защитной пересыпкой. В качестве пересыпки используется мелкий кусковой антрацит.

Печь обжига состоит из 32 камер, которые располагаются в два ряда, соединенные по торцам печи газоходными каналами. Вдоль камер по периметру печи расположен кольцевой газоход.

Каждая камера разделена муфельными стенами. Вертикальные муфельные каналы соединены с под подовым пространством, а через огневые колодцы в межкамерных простенках с под сводовым пространством соседней камеры. На рисунке 1 показана технологическая схема обжига заготовок [2].

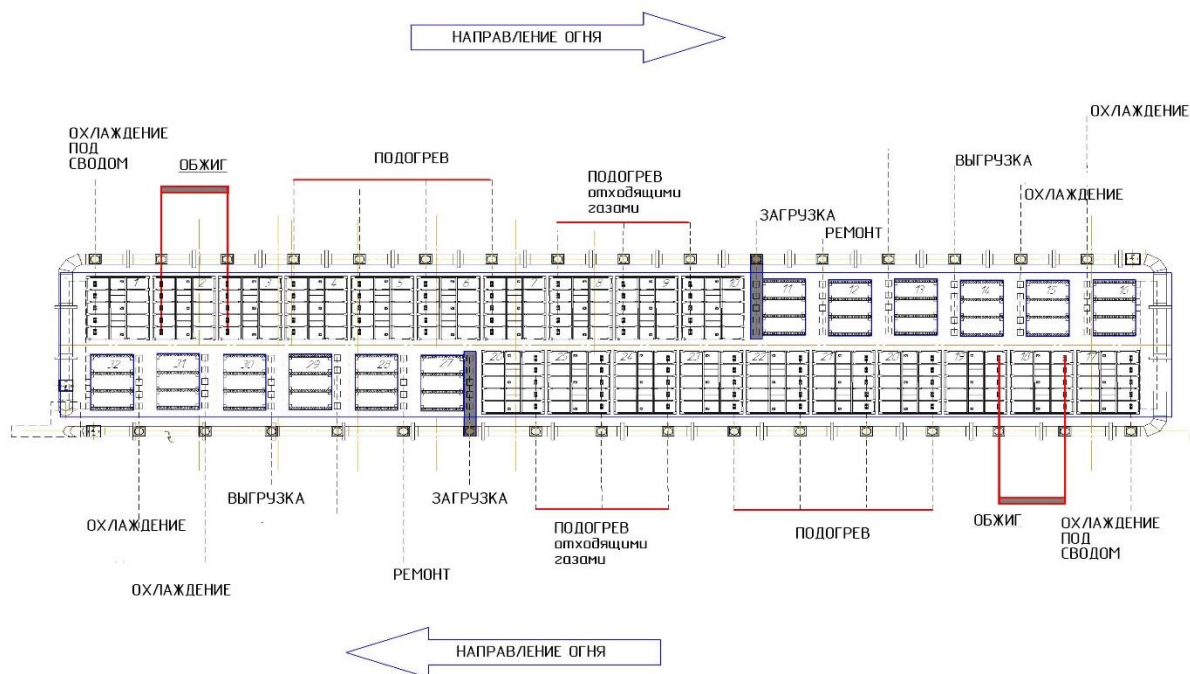


Рис. 1. Технологическая схема обжига заготовок

Обжиг производится изменением температуры заготовок во времени (кривая обжига) приведена на рисунке 2, которая обеспечивает необходимые изменения физико-механических и химических свойств, происходящих с материалами заготовки в процессе его превращения в угольный электрод [2].

Кривая обжига при работе печи образуется методом «двигающегося огня», когда каждая камера последовательно проходит все периоды обработки материала. Темп движения огня соответствует темпу подключения загруженной камеры к системе обогрева и составляет 44 часа (158 400 секунд).

Температурная кривая обжига условно разделена на четыре основных периода:

- период предварительного подогрева с подъемом температуры до 450 °С;
- период медленного подъема до 600 °С, в процессе которого происходит выделение органических летучих компонентов из материалов заготовки и засыпки;
- период конечного обжига с подъёмом температуры материала до 1100 °С закалки;
- период охлаждения.

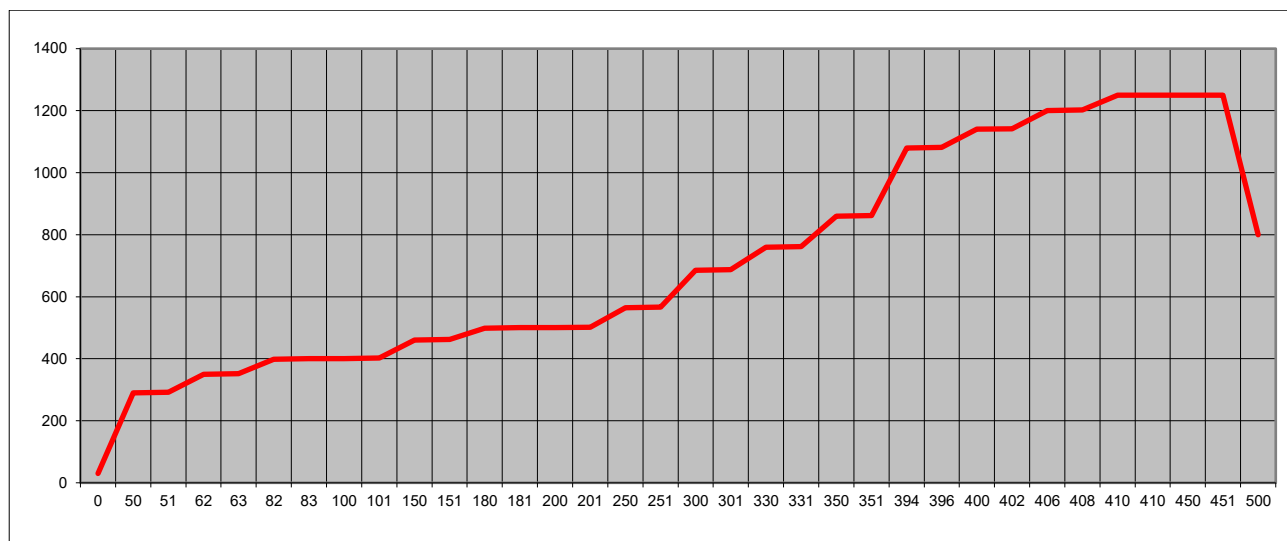


Рис. 2. Кривая изменения температуры во времени (кривая обжига)

В настоящее время используется классическая схема накрытия камер печей обжига типа Ридгаммер – сводами (рис. 3). Свод представляет собой металлический каркас, периферия которого выполнена из жаропрочного чугуна. На чугун укладывается огнеупорный кирпич таким образом, что на металл практически не воздействуют высокие температуры. Огнеупорный кирпич свода – шамотный легковес марки ШЛ-1,3. Кирпич имеет специальную конструкцию и отличается хорошей стойкостью. Сверху на свод устанавливают газовые горелки с обвязкой.

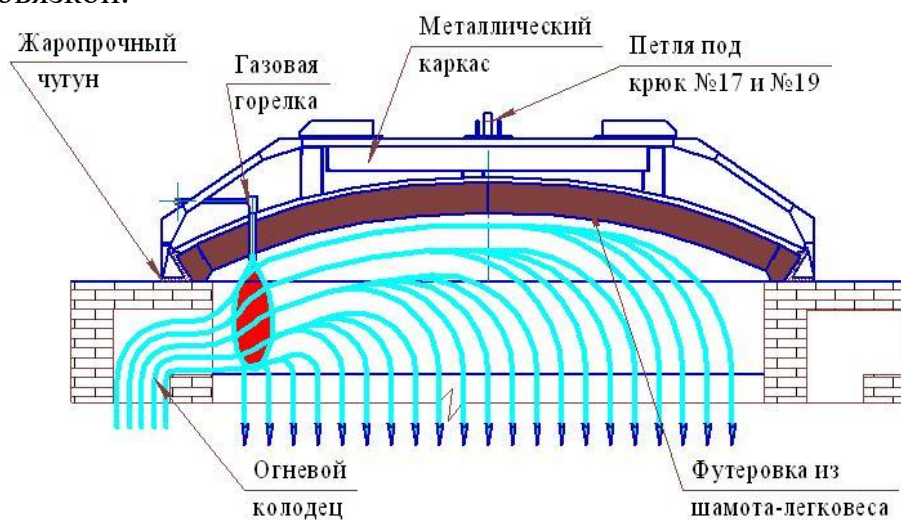


Рис. 3. Разрез подсводового пространства камеры

Дымовые газы, подаваемые на горелки, поступают из огневых колодцев с предварительной камеры. Газы направляются под свод камеры, нагреваются от сгорания газа, а затем через отверстия в муфельных перегородках кассеты поступают в подподовое пространство и переходят в огневые колодцы следующей камеры [3].

Всего в зоне «огня» 8...9 камер, накрытых сводами. 8 сводов (на печи всего 16) оснащены горелками. По 2 шт. на свод. Всего 32 горелки на печи.

Свойства огнеупорного легковеса ШЛ-1,3:

- кажущаяся плотность 1,3 г/см<sup>3</sup> (не более);

- температура эксплуатации 1400 °С (не более);
- предел прочности при сжатии 4,5 Н/мм<sup>2</sup> (не менее);
- теплопроводность 0,7 Вт/м\*К при 600 °С;
- допустимая усадка 1 % при 1400 °С.

На рисунках 4 и 5 приведены состояние свода печи и расположение горелок инжекционного типа ручного управления, которые не соответствуют требованиям промышленной безопасности и неблагоприятно влияют на кривую обжига.



Рис. 4 Общий вид свода на печи обжига

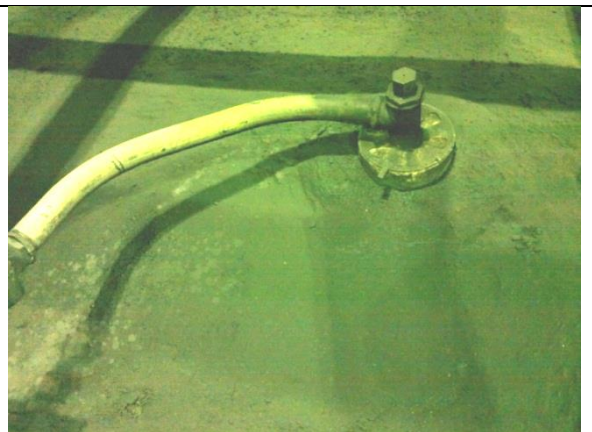


Рис. 5 Расположение горелок на печи обжига

Основными рекомендациями к разработке является обеспечение:

- требования промышленной безопасности, сетей газопотребления и выполнение требований к газогорелочным устройствам по автоматическому розжигу и контролю факела;
- оптимизация параметров теплового режима для обеспечения высокой равномерности температур и качественного обжига УГП;
- обеспечение заданного графика обжига в допуске  $\pm 15$  °С, в соответствии с технологическим регламентом;
- производительности обжига 12 500 т/год;
- увеличение межремонтного цикла до 12 лет;
- снижение потребления природного газа.

#### **Список использованных источников**

1. Чалых Е.Ф. Технология и оборудование электродных и электроугольных предприятий. – М.: Металлургия, 1972. – 432 с.
2. Фиалков А.С. Процессы и аппараты производства порошковых углеграфитовых материалов. – М.: Аспект Пресс, 2008. – 687 с.
3. Янко Э.А. Углеродные аноды для алюминиевых электролизеров. – М.: Изд. Дом «Руда и металлы», 2001. – 673 с.
4. Огнеупорные материалы: учебное пособие / Г.В. Воронов. – Екатеринбург: УГТУ, 1999. Ч.1. – 68 с.